

Для придания необходимой формы и строительной прочности слой волокнистой ваты подвергается уплотнению механическим путем, а получаемые сырые формованные изделия подвергаются низкотемпературной обработке с максимальной температурой не выше 250 градусов в печи полимеризации конвейерного типа.

Обожженные изделия после охлаждения разрезают по размерам и упаковывают для передачи потребителям.

Суточная производительность одной печи составляет 50,5 т расплава.

По оценочным данным (опыт ОАО «Эковер») стоимость промышленного оборудования составит около 1 млрд. руб.

При часовой производительности установки около 5 т/ч или 100 т/месяц при плотности изделий 50 кг/м<sup>3</sup> количество произведенной продукции составит около 100 м<sup>3</sup>/ч или 2000 м<sup>3</sup>/месяц.

При рыночной стоимости изделий 4500 руб./м<sup>3</sup> и себестоимости 1 т продукции 4734,02 руб. принимаем их продажную цену около 1700 руб./м<sup>3</sup>. Тогда прибыль производства минераловатных изделий из расплавленных шлаков составит

$$(5000/50)(1700-4734,02 \cdot 50/1000)=146329,9 \text{ руб./ч} = 70238352 \text{ руб./месяц.}$$

Срок окупаемости затрат на изготовление установки составит 14 месяцев. При этом не учитывается снижение затрат за размещение шлаков. Кроме того, цена продукции может быть и выше.

Состояние рынка производства и продажи технической теплоизоляции такого, что цены на нее постоянно возрастают, так как происходит непрерывный рост цен на кокс, являющимся основным видом топлива при производстве теплоизоляции из твердых шлаковых компонентов.

УДК 622.540

**Е. А. Морозова, В. И. Матюхин**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## **РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ ДЛЯ ОБЖИГА МЕЛОВОЙ ВСКРЫШИ**

### **Аннотация**

*В работе рассмотрена возможность использования подготовленной меловой вскрыши в качестве заменителя известняка для офлюсования железорудных окатышей. Исследована тепловая работа барабанной вращающейся печи, предназначенной для обжига меловой вскрыши. Определены основные размеры печи, в том числе длины технологических зон: зоны сушки, подогрева, кальцинации и предварительного охлаждения. Составлен тепловой баланс печи, определены удельные показатели работы печи. Из расчета теплового баланса проанализирована тепловая работа печи.*

**Ключевые слова:** вращающаяся печь, обжиг мела, тепловой баланс, технологические зоны.

### Abstract

*In work the possibility of use of the prepared cretaceous overburden as limestone substitute for an oflyusovaniye of iron ore pellets is considered. Thermal work of the drum rotating furnace intended for roasting of cretaceous overburden is investigated. Principal dimensions of the furnace, including length of process areas are defined: drying zones, heating, furnacing and precooling. The heat balance of the furnace is made, specific indicators of operation of the furnace are defined. At the rate of the heat balance thermal operation of the furnace is analysed.*

**Key words:** the rotating furnace, chalk roasting, the heat balance, process areas.

В соответствии с предыдущими исследованиями установлено, что использование меловой добавки при офлюсовании железорудных окатышей способствует повышению прочности сырых окомкованных материалов в 2,0-2,9 раза. Для существенного (в 10-11 раз) повышения прочностных показателей окатышей необходимо использовать органическую добавку в количестве не более 2 %. На основании полученных результатов проведен расчет тепловой работы барабанной вращающейся печи для обжига мела [1]. Процесс характеризуется окислительной атмосферой в рабочем пространстве печи. Топливом является природный газ. Производительность печи составляет 6 т/ч. Схема печи представлена на рисунке 1.

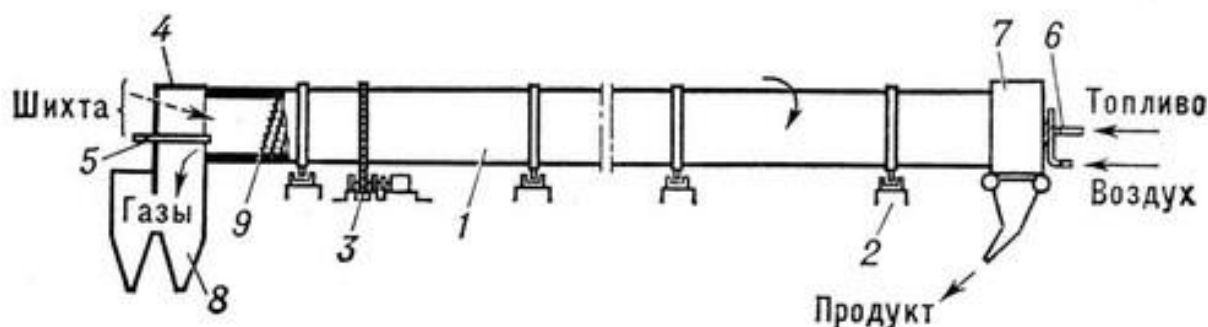
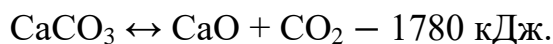


Рис. 1. Схема вращающейся печи:

- 1 – металлический барабан; 2 – опорные ролики; 3 – зубчатая передача;  
4 – головка; 5 – форсунки для подачи шихты; 6 – ТСУ; 7 – горячая головка;  
8 – система газоочистки; 9 – теплообменные устройства

Обжиг производится с целью удаления  $\text{CO}_2$  и получения жженой извести по реакции [2]:



Качество измельчаемой извести зависит от равномерности измельчения карбонатного сырья, поступающего в печь, так как мелкие куски  $\text{CaCO}_3$  требуют для обжига меньше времени [3]. Но при длительном обжиге может возникать так называемый «перекал», образуется медленно гасящаяся известь.

Подготовленная меловая вскрыша в процессе обжига проходит 4 технологические зоны: сушки, подогрева, кальцинации и охлаждения [4].

Первая зоны – зона сушки – находится со стороны загрузки печи. Сначала из шихты испаряется внешняя влага, температура мела достигает  $150^\circ\text{C}$ .

Во второй зоне – зоне подогрева – температура мела продолжает расти и достигает  $750^\circ\text{C}$ , газы поступают в зону с температурой  $1250^\circ\text{C}$ .

Третья зона – зона кальцинации – характеризуется самыми высокими температурами, шихта нагревается до 1000 °С, происходит термическое разложение карбонатов, температура газов изменяется от 1400 °С до 1250 °С.

Четвертая зона – зона охлаждения – обеспечивает охлаждение готового обожженного материала в течение 0,25 ч.

Результаты расчета длин технологических зон барабанной печи представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные размеры печи

Параметр	Значение
Диаметр барабана D, м	3,0
Наружный диаметр печи D <sub>печи</sub> , м	3,6
Длина зоны сушки ΔL <sub>с</sub> , м	2,13
Длина зоны подогрева ΔL <sub>под</sub> , м	19,19
Длина зоны кальцинации ΔL <sub>кальц</sub> , м	31,07
Длина зоны охлаждения ΔL <sub>охл</sub> , м	5,82
Полная длина печи ΔL <sub>Σ</sub> , м	58,21

Приходная часть теплового баланса включает следующие статьи:

- 1) химическая теплота топлива (природного газа) Q<sub>х</sub>;
- 2) физическая теплота подогретого окислителя (воздуха) Q<sub>в</sub>;
- 3) физическая теплота шихты Q<sub>ш</sub>.

Таким образом, основной статьей прихода является химическая теплота топлива при часовом расходе 497,28 м<sup>3</sup>/ч.

Расходная часть теплового баланса состоит из следующих статей:

- 1) физическая теплота извести Q<sub>и</sub>;
- 2) физическая теплота пыли Q<sub>п</sub>;
- 3) потери с химическим недожогом Q<sub>х.н.</sub>;
- 4) потери с уходящими газами Q<sub>ух.г.</sub>;
- 5) теплота эндотермических реакций Q<sub>энд</sub>;
- 6) потери теплоты вследствие теплопроводности стенок рабочего пространства в окружающую среду Q<sub>5</sub>.

Итоговый тепловой баланс представлен в таблице 2.

Теплотехнический показатель работы печи – суммарный коэффициент полезного действия – определяется с учетом теплоты эндотермических реакций:

$$\eta_{\Sigma} = (Q_{\text{изв}} + Q_{\text{энд}}) / Q_{\text{прихода}} \cdot 100 = 80,67 [\%].$$

Удельный расход условного топлива (УРУТ) является экономическим показателем работы:

$$b = Q_{\text{х}} / (29,31 \cdot P_{\text{м}}) = 98,2 [\text{кг усл. топлива/т извести}].$$

Повышение КПД за счет снижения потерь может быть достигнуто изменением конструкции и совершенствованием технологического режима посредством перераспределения основных энергетических составляющих теплового баланса.

Таблица 2

## Тепловой баланс барабанной печи

Приход			Расход		
Статья	Размерность		Статья	Размерность	
	кВт	%		кВт	%
Химическая теплота топлива $Q_x$	2878181,63	91,8	Физическая теплота известии $Q_{и}$	840000	26,79
			Физическая теплота пыли $Q_{п}$	49962,08	1,59
Физическая теплота подогретого воздуха $Q_{в}$	218680, 67	6,97	Потери с химическим недожогом $Q_{х.н.}$	57563,63	1,84
			Потери с уходящими газами $Q_{ух.г.}$	279065,05	8,9
Физическая теплота шихты $Q_{ш}$	38400	1,22	Теплота эндотермических реакций $Q_{энд.}$	1689329,88	53,88
			Потери теплоты в окружающую среду $Q_5$ :	219429,83	7,0
			— зона сушки	2539,66	0,08
			— зона подогрева	58138,84	1,86
			— зона кальцинации	144245,32	4,6
			— зона охлаждения	14506	0,46
			Невязка	88,17	0,003
ИТОГО:	3135262,3	100,00	ИТОГО:	3135350,47	100,00

Присутствие в составе органической добавки углеродсодержащих компонентов обеспечивает появление во внутренней структуре окатышей дополнительного источника теплоты [5], которая будет способствовать интенсификации процесса нагрева как отдельных гранул, так и обжигаемого слоя в целом, что может обеспечить увеличение производительности обжиговой машины и сокращение удельного расхода топлива на 1,5-2,0 % (по данным предыдущих промышленных испытаний).

Также стоит сделать следующий вывод: можно использовать тепло продуктов горения на подогрев воздуха. Это приведет к уменьшению расхода топлива, суммарный коэффициент полезного действия увеличится.

## Список использованной литературы

1 Теплотехнические расчеты печей глиноземного производства: учебное пособие для вузов / С.Н. Гуцин, С.Г. Майзель, В.И. Матюхин, В.А. Гольцев. Екатеринбург: УГТУ, 2000. – 230 с.

2 Воронов Г.В., Гуцин С.Н., Казяев М.Д., Крюченков Ю.В., Миляев В.М. Конструирование и расчет сушильных печей и установок литейного производства: учеб. пособ. для вузов // Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2012. – 264 с.

3 Труфанов Д.В., Тарарыков О.Ю., Афанасов В.С., Труфанов А.Д. Новые наполнители из мела для промышленности строительных материалов России // Строительные материалы. 2008. № 3. – С. 88-89.

4 Афанасов В.С., Тарарыков О.Ю., Труфанов Д.В., Гробовенко Н.Я. Освоение извести для производства стеновых газосиликатных блоков на Копанищенском КСМ // Строительные материалы. 2007. № 10. – С. 34-35.

5 Табунщиков Н.П. Производство извести. – М.: Химия, 1974. – 240 с.

УДК 620.21

**Е. А. Морозова<sup>1</sup>, В. И. Матюхин<sup>1</sup>, В. В. Брагин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия;

<sup>2</sup> НПВП «ТОРЭКС», г.Екатеринбург, Россия

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛОВОЙ ВСКРЫШИ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ**

### **Аннотация**

*На основании выполненных исследований установлены температурно-временные условия получения мела с различной степенью завершенности процесса декарбонизации. При отсутствии дополнительной связки прочность железорудных брикетов с обожженным мелом выше в 2,87 раза их базовой прочности, а необожженной только в 2,01 раза. Для существенного (в 10-11 раз) повышения прочностных показателей окатышей необходимо использовать органическую добавку в количестве не более 2 %.*

**Ключевые слова:** мел, высокотемпературный обжиг, декарбонизация, гашение, прочность брикетов.

### **Abstract**

*On the basis of the executed researches temperature and time conditions of receiving chalk with various degree of completeness of process of decarbonization are established. In the absence of an additional sheaf durability of iron ore briquettes with the burned chalk is 2.87 times higher than their basic durability, but not burned only by 2.01 times. For essential (at 10-11 times) increases in strength indicators of pellets it is necessary to use organic additive in number of no more than 2 %.*

**Key words:** chalk, high-temperature roasting, decarbonization, clearing, durability of briquettes.

Мел относится к жестким полускальным породам. Его прочность во многом зависит от исходной влажности. Временное сопротивление сжатию в воздушно-сухом состоянии изменяется от 1000 до 4500 МПа. Сухой мел имеет модуль упругости от 3000 МПа (для рыхлого мела) до 10000 МПа (для плотного) и ведет себя как упругое тело. Поэтому тепловая обработка мела может быть осуществлена только в агрегатах, характеризующихся низким силовым воздействием на отдельные куски, например, во вращающихся печах

Наиболее крупные месторождения качественного мела находятся в Белгородской области. Разведано свыше 29 месторождений мела с утвержденными запасами 1,0 млрд. т. Прогнозные запасы мела практически не ограничены. К наиболее крупным разведанным месторождениям мела относятся Лебединское и Стойленское, где мел добывают как вскрышную породу.